

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”
Факультет електроніки
Кафедра електронної інженерії

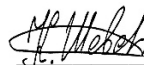
До захисту допущено
Завідувач кафедри
В. І. Тимофєєв
“ ” 20 р.

Дипломна робота


освітнього рівня «бакалавр»
за спеціальністю 153 мікро- та наносистемна техніка

на тему: Електронна система моніторингу мікроклімату з автономними датчиками

Виконав: студент 4 курсу, групи ДМ-61
Шевченко Катерина Вікторівна
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

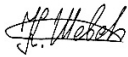
Керівник доц. каф. ЕІ Казміренко В.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент к.т.н., доцент кафедри МЕ Татарчук Д.Д.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент 
(підпис)

Київ - 2020 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Факультет електроніки
 кафедра електронної інженерії
 Освітній рівень «бакалавр»
 за спеціальністю 153 мікро- та наносистемна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В. І. Тимофєєв
 “___” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Шевченко Катерина Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Електронна система моніторингу мікроклімату з автономними датчиками».

керівник роботи Казміренко Віктор Анатолійович доц. каф. ЕІ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “25” травня 2020 року №1196-с

2. Строк подання студентом роботи 12 червня 2020

3. Вихідні дані до роботи : мікроклімат, електрична система , автономні датчики, мікропроцесор, характеристики датчиків, основні параметри мікроклімату.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) основні параметри мікроклімату, створення електронної системи мікроклімату, параметри та характеристики датчиків, різновиди мікроконтролерів, керуючі пристрої, циклічні алгоритми аналізу, під-процеси.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо) слайди презентації для захисту.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання «13» квітня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Основні параметр мікроклімату. | 13 квітня 2020 | |
| 2 | Огляд різних типів датчиків вимірювання основних параметрів мікроклімату: температури, вологості, освітленості. | 20 квітня 2020 | |
| 3 | Ознайомлення з продуктами компанії Texas Instruments. | 27 квітня 2020 | |
| 4 | Розробка електричної системи моніторингу мікроклімату з автономними датчиками. | 4 травня 2020 | |
| 5 | Створення алгоритмів та програмування системи. | 18 травня 2020 | |
| 6 | Оформлення дипломної роботи | 31 травня 2020 | |
| 7 | Проходження перевірки на плагіат та нормоконтроль | 1 червня 2020 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент Шевченко К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи Казміренко В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота 3 частини, 56 сторінок, 23 графіки, 6 таблиць, 19 джерел.

МІКРОКЛІМАТ, ДАТЧИКИ, СИСТЕМА КОНТРОЛЮ, TEXAS INSTRUMENTS, LAUNCHXL-CC1352R1 LAUNCHPAD, CODE COMPOSER STUDIO, TI SIMPLELINK MCU, LAUNCHPAD SENSORTAG

В даній дипломній роботі було виконано створення системи автоматичного контролю мікроклімату з автономними датчиками на основі програмного забезпечення CODE COMPOSER STUDIO та платформи Launchxl-CC1352R1 Launchpad на мікронтролері від компанії Texas Instruments.

В першому розділі були розглянуті основні характеристики мікроклімату, їх вплив. Мікроклімат є важливою складовою нашого життя. Підтримання комфортних та необхідних умов важливе в багатьох сферах людської діяльності, а також для умов життя.

В другому розділі розглянуті різні види датчиків для фіксування основних параметрів мікроклімату. Принцип роботи датчиків та спосіб вимірювання температури ,вологості та освітленості є дуже важливими для автоматичної системи моніторингу мікроклімату. Також в розділі розглянуті різні види мікроконтролерів, їх принцип дії та основні характеристики, на які необхідно звернути увагу.

В третьому розділі розроблено систему моніторингу мікроклімату з автономними датчиками. На платформі Launchxl-CC1352R1 Launchpad створюється система та розглядаються параметри обраних датчиків та принцип їх роботи. Програмування та створення алгоритму відбувається в середовищі CODE COMPOSER STUDIO.

Кінцевим результатом ми маємо електронну систему моніторингу мікроклімату з автономними датчиками.

ABSTRACT

Diploma work: 56 p., 3 p., 6 tables, 23 figures, 18 references.

MICROCLIMATE, SENSORS, CONTROL SYSTEM, TEXAS INSTRUMENTS, LAUNCHXL-CC1352R1 LAUNCHPAD, CODE COMPOSER STUDIO, TI SIMPLELINK MCU, LAUNCHPAD SENSORTAG

This work presents an automatic microclimate control system with autonomous sensors developed with CODE COMPOSER STUDIO software and Launchxl-CC1352R1 Launchpad platform on a microcontroller from Texas Instruments. One can use this system in greenhouses, medical instruments and living spaces.

The first section will consider the main characteristics of the microclimate, their impact. The microclimate is an important part of our lives. Maintaining comfortable and necessary conditions is important in many areas of human activity, as well as for living conditions.

The second section discusses different types of sensors for recording the main parameters of the microclimate. The principle of operation of the sensors and the method of measuring temperature, humidity and light are very important in order to select the right sensor for the automatic microclimate monitoring system. In addition, this section describes different types of microcontrollers, their principle of operation and the main characteristics to which it is necessary to pay attention.

Third section presents design of a microclimate monitoring system with autonomous sensor. On the Launchxl-CC1352R1 Launchpad platform, a system is created and the parameters of the selected sensors and the principle of their operation are considered. The algorithm is programmed and created in CODE COMPOSER STUDIO.

The end result is an electronic microclimate monitoring system with autonomous sensors.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ | 8 |
| ВСТУП | 9 |
| 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ МІКРОКЛІМАТУ | 10 |
| 1.1 ТЕМПЕРАТУРА | 10 |
| 1.2 ВОЛОГІСТЬ | 11 |
| 1.3 ОСВІТЛЕНІСТЬ | 12 |
| 1.4 ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ | 12 |
| 2 ДАТЧИКИ ТА МІКРОКОНТРОЛЕРИ. ЇХ ВИДИ ТА РОБОТА | 13 |
| 2.1 ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРИ ЇХ ВИДИ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ | 13 |
| 2.1.1 Термопара | 13 |
| 2.1.2 Терморезистор | 15 |
| 2.1.3 Комбінований датчик | 16 |
| 2.1.4 Цифровий датчик | 17 |
| 2.1.5 Параметри вибору датчика температури | 18 |
| 2.2 ДАТЧИКИ ВОЛОГОСТІ. ВИДИ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ | 18 |
| 2.2.1 Ємнісні датчики вологості | 19 |
| 2.2.2 Резистивні датчики вологості | 20 |
| 2.2.3 Термісторний датчик | 21 |
| 2.2.4 Оптичні датчики вологості | 22 |
| 2.2.5 Електронний гігрометр | 23 |
| 2.2.6 Параметри вибору датчика вологості | 24 |
| 2.3 ФОТОЕЛЕМЕНТИ ТА ЇХ ВИДИ | 24 |
| 2.3.1 Фоторезистор | 25 |
| 2.3.2 Фотодіод | 26 |
| 2.3.3 Фототранзистор | 27 |
| 2.4 МІКРОКОНТРОЛЕРИ. БУДОВА І ОСОБЛИВОСТІ. ЗАСТОСУВАННЯ | 28 |

| | |
|---|----|
| | 7 |
| 2.4.1 Параметри вибору мікроконтролера | 29 |
| 2.5 Висновки до другого розділу | 31 |
| 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ | 3 |
| АВТОНОМНИМИ ДАТЧИКАМИ | 32 |
| 3.1.1 Експлуатація акумулятора LPSTK | 37 |
| 3.1.2 Налаштування LaunchPad SensorTag | 37 |
| 3.2 Датчик вологості та температури HDC2080 | 37 |
| 3.3 Цифровий датчик освітлення OPT3001 | 40 |
| 3.4 Датчик Холла DRV5032 | 42 |
| 3.5 LAUNCHXL-CC1312R1 | 44 |
| 3.6 Сервопривід | 49 |
| 3.7 Середовище програмування | 50 |
| 3.8 Алгоритми | 51 |
| 3.9 Висновки до третього розділу | 53 |
| ВИСНОВКИ | 54 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 55 |

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДЕСТ – Державний стандарт

ЕРС – електро рушійна сила

GND – GrouND (шина землі)

ISM – industrial, scientific and medical(частина радіочастотного спектра загального призначення, можливе використання без ліцензування)

TI – Texas Instruments USB – Universal Serial Bus (універсальна послідовна шина, призначена для з'єднання комп'ютерів і периферійних пристроїв)

VCC – Voltage Collector-to-Collector (шина живлення)

ВСТУП

Багато років назад коли людина жила не в комфортних будинках та носила зручний та гарний одяг, а існувала в дикій природі не існувало таких понять як клімат та автоматизація, роботи та штучний інтелект та ін. Але навіть в ті давні часи людина почала розуміти що вночі коли немає сонячного світла стає холодно і виникає необхідність розпалювати багаття та одягати хутро тварин. Коли наступного дня починав йти дощ то ставало мокро та волого і потрібно було десь заховатися. Також спостерігаючи за природою людина розуміла що довгою відсутності дощу все починало в'янути, рослини помирали і не давали плодів. Тому людина почала розуміти що для існування необхідно підтримувати власне тіло в комфортних умовах. Також необхідно не тільки доглядати за собою, а й за природою. Древні люди зрозуміли що якщо за відсутності дощу поливати рослини водою з рік, то рослина буде продовжувати рости та давати плоди. Тому можна зробити висновок, що навіть в такі давні часи людина розуміла важливість створення правильних умов для життя, росту та розвитку. В даній дипломній роботі ми будемо розглядати створення електронної системи автоматичного контролю мікроклімату.

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ МІКРОКЛІМАТУ

Мікроклімат – це сукупність різних факторів середовища, таких як температура, відносна вологість повітря, освітленість та ін. Мікроклімат залежить від різних факторів одночасно. Якщо розглядати мікроклімат кімнати, то він буде залежати від навколишніх погодних умов, пори року, та години доби. Тому мікроклімат кімнати формує багато важливих факторів.

Людина намагається створити максимально комфортні умови для свого життя, праці та навіть вирощування тварин та рослин. Створенню зручного мікроклімату допомагають системи опалення, вентиляції, зволоження та освітлення.

Мікроклімат впливає на працездатність людини, самопочуття, стан здоров'я та настроїв. Для рослин мікроклімат також є важливою складовою їх існування. Необхідна кількість води та освітлення, правильна температура та вологість повітря не тільки створюють умови для росту рослини, а й призводять до збільшення врожайності та швидкого досягання плодів. В даній дипломній роботі ми розглянемо три важливих складових мікроклімату – це температура, вологість повітря та освітленість, та способи фіксації цих даних та також створення системи автоматичного контролю за ними [1].

1.1 Температура

Температура — фізична величина, яка характеризує стан в якому знаходиться термодинамічна система.

На рівні звичайного життя температура – це суб'єктивне розуміння та сприйняття «холодного» і «теплого». Наші відчуття дають нам змогу розрізняти різний ступінь температури тіл: теплий, холодний, гарячий. Та для науки виміряна

за допомогою відчуттів температура тіла не може бути використана. Безпосереднє визначення температури є неможливим. У приладах за допомогою яких вимірюють температуру (термометрах) використовують так зване термометричне тіло, яке вводять у безпосередній тепловий контакт з тілом, температуру якого необхідно визначити [2].

1.2 Вологість

Вологість повітря – це величина що характеризує кількість водяної пари в повітрі. Основні параметри, що характеризують величину є точка роси, відносна вологість, дефіцит роси, пружність водяної пари.

Прилади, якими можливо вимірювати вологість, називаються гігрометрами. Їх також називають датчиками вологості. У буденному житті вологість – це важливий параметр.

Від відсотка вологості в повітрі залежить самопочуття людини та її здоров'я. Також від вологості залежить здоров'я хворих на гіпертонію та астму. Коли повітря не достатньо вологе здорові люди можуть відчувати сонливість, свербіж шкіри та інший дискомфорт. Занадто сухе повітря провокує в людини розвиток хвороб органів дихання.

Надлишок вологості створює небезпеку, викликає псування матеріалів та їх деформацію, утворення цвілі, що може призвести до утворення різних захворювань дихальних шляхів, іноді надлишок вологи в середовищі може стати причиною хронічних недуг.

У сільськогосподарській діяльності вологість впливає на родючість ґрунту. Щоб отримати інформацією про вологість повітря та ґрунту встановлюють гігрометри (датчики вологості) [3].

1.3 Освітленість

Освітленість — освітлення поверхні світловим потоком, який потрапляє на неї. Одиницею вимірювання освітленості є люкс. Чим більший світловий потік потрапляє на освітлювану поверхню, тим вище рівень її освітленості. Людське око не може визначити точне значення рівня освітленості без допомоги приладів, тому, якщо необхідно знайти точне значення, використовують спеціальний прилад — люксметр [4].

Освітленість може бути природньою та штучною. Природнє освітлення створюють сонячні промені, а штучну освітленість створюють лампи розжарювання, LED – діоди та інші прилади.

Освітленість як у побуті, так і у виробництві, має велике значення для збереження здоров'я. Для рослин значення освітленості, час освітленості також мають величезну роль в зростанні та родючості. В науковій діяльності також важливим є значення освітленості, тому що існують прилади та пристрої які працюють на фотоефекті та залежні від світлового потоку [5].

1.4 Висновки до першого розділу

В цьому розділі ми розглянули основні параметри мікроклімату, їх характеристики та значення для побуту та наукової діяльності. Тому можна сказати що мікроклімат є дуже важливою складовою нашого життя і створення системи моніторингу мікроклімату є актуальним. Систем моніторингу існує багато видів, але для різних потреб можуть створюватися різні системи моніторингу.

2 ДАТЧИКИ ТА МІКРОКОНТРОЛЕРИ. ЇХ ВИДИ ТА РОБОТА

Датчик, сенсор – вимірювальний пристрій, що вимірює та виробляє вихідний сигнал, зручний для дистанційного передавання, зберігання та використання у системах керування.

Датчики є елементами технічних систем, призначених для вимірювання, керування приладами та процесами, сигналізації, регулювання. Датчики перетворюють величину, яка контролюється (температура, тиск, частота, швидкість, переміщення, електрична напруга, електричний струм та інші) у сигнал (оптичний, електричний, пневматичний), зручний для передавання, вимірювання, зберігання, перетворення та реєстрації інформації про стан об'єкта вимірювання [6].

2.1 Датчики температури їх види та принцип роботи

Існує багато приладів для того аби виміряти температуру і в кожного свій принцип дії. Розглянемо різні види датчиків температури та їх принцип дії.

2.1.1 Термопара

Термопара становить собою два дроти зроблених з різних металів, які спаяні між собою (на рисунку 2.1 зображено найпопулярнішу модель термопари). При різній температурі між одним дротом який знаходиться в гарячому середовищі та іншим дротом який знаходиться в холодному середовищі, то між ними в колі виникає електричний струм. Величина електрорушійної сили, що виникає,

становить 40-60 мкВ, в залежності від матеріалу з якого виготовлена термопара. Також величина цього струму залежить від термоелектричної сили термопари. Матеріал з якого виготовлять термопару може бути різним. Це можуть бути хромо-алюмінієві, нікель-хромові, залізо-нікелеві, залізо-константанові і т.д.

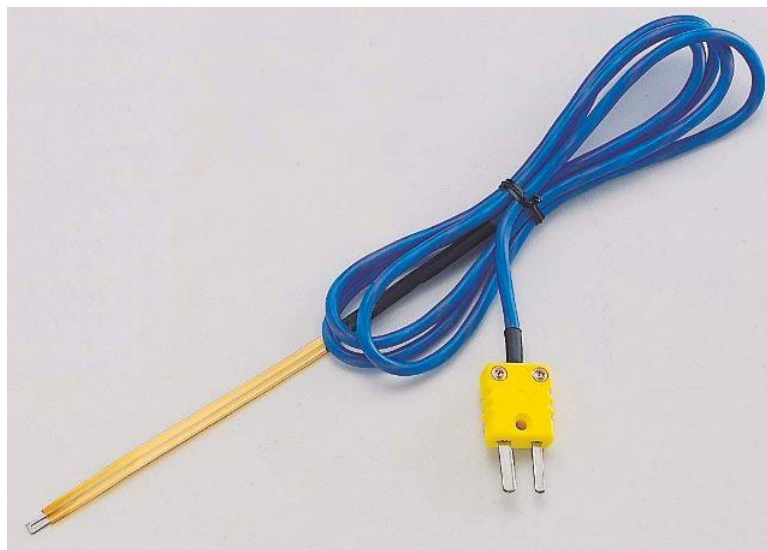


Рисунок 2.1 – Термопара

Термопара є високоточним датчиком для визначення температури, проте цю точність достатньо проблематично виміряти. Термопара є відносним датчиком, рівень її напруги залежить від температурної різниці між спаями. Холодний спай розташований при кімнатній температурі чи при будь-якій іншій.

Розберемо роботу термопари детальніше. Маємо дві термопари та дві температури холодного та гарячого кінця. Тож ЕРС термопари залежить від різниці температур різних кінців термопари. Температуру холодного кінця потрібно компенсувати. Апаратним методом компенсації є використання іншої термопари, яка розташована в місці де ми знаємо значення температури.

Програмний спосіб компенсації – це використання іншого абсолютного датчика температури, який поміщають в ізотермічну камеру разом з холодними спаями. Датчик контролює їх температуру з необхідно точністю. Є деякі труднощі з отриманням даних з термопари.

По-перше вона є нелінійною. У ДЕСТ введені коефіцієнти полінома для перетворення ЕРС в температуру і назад. Ці поліноми великого порядку, але ніщо не заважає спокійно їх порахувати, за допомогою сучасного обладнання.

По-друге, інша проблема полягає в тому, що термо-ЕРС термопари визначається в одиницях та сотнях мікрівольт. Тобто, використання широко доступного аналогоцифрового перетворювача буде не раціональним. Потрібні багаторозрядні малOSHумлячі аналогоцифрові перетворювачі для того, щоб застосовувати термопару в проектах [7].

2.1.2 Терморезистор

Набагато більш простим способом вимірювання стало застосування терморезисторів. Вони працюють на залежності опору матеріалів від зовнішньої температури. Металеві термометри опору, зокрема платинові мають дуже високу точність і лінійність. Термометри опору визначаються двома основними характеристиками.

Це базовий опір термометра при певній температурі. У ДЕСТ базовим опором вважається опір при 0 градусах за Цельсієм. ДЕСТ рекомендує використання декількох номіналів опорів в Омах і температурний коефіцієнт. Розрахунок проводять за формулою наведеною нижче.

$$T_{кс} = (R_e - R_{0c}) / (T_e - T_{0c}) * 1 / R_{0c}$$

У ДЕСТ для терморезисторів наводиться температурний коефіцієнт для різних термометрів з платини, міді і нікелю. Крім того, там присутні коефіцієнти полінома для розрахунку температури з поточного опору резистора. Однією з проблем термометрів опору є дуже низький температурний коефіцієнт опору. Однак, вимірювати опір з високою точністю набагато простіше, ніж дуже малі значення напруги на відміну від термопар. Ознайомитись з виглядом терморезистора можна на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Терморезистор

Одним із способів вимірювання опору є включення терморезистора в коло джерела струму і вимірювання диференціальної напруги. Використання напівпровідників дасть нам температурний коефіцієнт частки одиниці відсотка, їх набагато простіше вимірювати за допомогою аналогоцифрових перетворювачів[7].

2.1.3 Комбінований датчик

Крім інтегральних схем з виходом, існують датчики з цифровим інтерфейсом. Одним з популярних датчиків є комбінований датчик температури і вологості серії SHT1. Цей датчик дозволяє вимірювати температуру з похибкою 2 градуси і вологість з похибкою 5 відсотків. Головною проблемою даного датчика температури є те, що там вирішили оптимізувати інтерфейс. Він дозволяє підключати паралельні пристрої [7].

2.1.4 Цифровий датчик

Цифровий датчик температури DS18B20, який представляє собою трививодну мікросхему, дає можливість з високою точністю до 0,5 градуса отримувати температуру з безлічі паралельно працюючих датчиків. У цьому датчику широкий інтервал температур від -55 до +125 градусів. Основний його недолік – повільність. Обчислення з максимальною точністю він робить за 750 мс[2]. Ознайомитись з виглядом одного з безконтактних цифрових датчиків можна на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Пірометр

2.1.5 Параметри вибору датчика температури

1. Діапазон робочої температури.
2. Можливість занурення датчика в об'єкт вимірювання або середовище. Якщо це неможливо, то краще вибрати пірометр або термометр.
3. Умови проведення замірів. Якщо потрібно вимірювати в агресивному середовищі, то треба вибирати датчик в корозійностійкому корпусі, або безконтактного типу. Також слід визначити наявність тиску, вологості і т.д.
4. Час роботи датчика до калібрування або заміни. Багато датчиків не можуть довго і стабільно працювати (термістори).
5. Величина сигналу виходу. Існують датчики температури, що видають сигнал по струму, або в градусах.
6. Технічні дані: похибка, роздільна здатність, напруга, час спрацювання. Для напівпровідників важливий тип корпусу [7].

Після ознайомлення з видами датчиків температури та їх принципами роботи, та ознайомившись з параметрами вибору датчиків, то для виконання цієї дипломної роботи я обрала комбінований цифровий датчик HDC2080. Характеристики цього датчика будуть наведені в подальших розділах.

2.2 Датчики вологості. Види та принцип роботи

Існує багато видів датчиків для вимірювання вологості тому щоб обрати необхідний для нашої системи датчик ознайомимось з декількома видами та їх принципом роботи.

2.2.1 Ємнісні датчики вологості

Можна уявити ці чутливі елементи, як прості конденсатори з двома пластинами, між якими розташоване повітря. Це найпростіша конструкція. Повітря в сухому стані не проводить електричний струм. При зміні вологості, змінюється і ємність конденсатора. Схема ємнісного датчика вологості зображена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Схема ємнісного датчика вологості

Складнішою конструкцією є ємнісний датчик з діелектриком, який від зміни вологості значно змінюється. Такий спосіб вимірювання вологості, в порівнянні з повітряним типом, підвищує якість датчика.

Другий тип краще використовувати для вимірювання вологості на твердих предметах. Предмет розташовують між пластинами конденсатора, який підключається до генератора. Робиться вимірювання частоти контуру коливань, за результатами розраховують ємність зразка.

Цей метод вимірювання має недоліки. Коли вологість матеріалу менше 0,5 відсотка, точність низька, матеріал має бути чистим від речовин з високою проникністю. Геометрична форма предмета також є дуже важливою, та не повинна змінюватися в процесі вимірювання вологості.

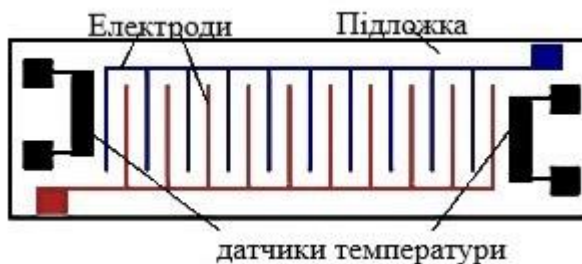


Рисунок 2.5 – Тонкоплівковий гігрометр

Тонкоплівковий гігрометр (який зображений на рисунку 2.5) є третім типом датчика, що складається з підкладки з двома електродами у вигляді гребінки. Ці електроди і є обкладинками. [8].

2.2.2 Резистивні датчики вологості

З 2-х електродів, які нанесені на підкладку і складається резистивний датчик. Шар струмопровідного матеріалу накладено на електроди. Але цей матеріал значно змінює значення опору в залежності від вологості. Приклад резистивного датчика зображений на рисунку 2.6.

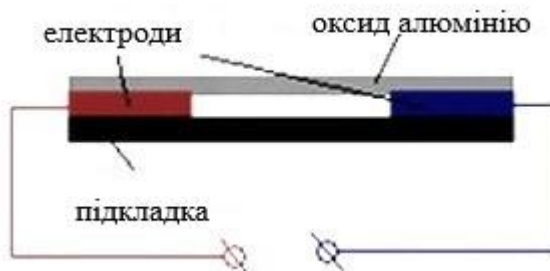


Рисунок 2.6 – Резистивний датчик

Необхідним по чутливості матеріалом став оксид алюмінію. Коли він поглинає вологу ззовні, його опір достатньо суттєво змінюється. Отже повний опір датчика залежить від вологості. Значення струму крізь матеріал буде

характеризувати зміну значення вологості. Невелика вартість таких датчиків є їх перевагою [8].

2.2.3 Термісторний датчик

Гігрометр на термісторах включає в себе два однотипних термістора. Термістори – це нелінійні компоненти. Опір термістора прямо пропорційний температурі. Один з термісторів знаходиться в абсолютно ізольованій камері з сухим повітрям. Інший термістор розташований в камері з отворами. Через отвори в середину надходить вологе повітря. На рисунку 2.7 можна точніше ознайомитись з будовою датчика. Саме це значення вологості необхідно визначити. Термістори підключені по мостовій схемі. На одну діагональ подається різниця потенціалів, а показання знімають з іншої.

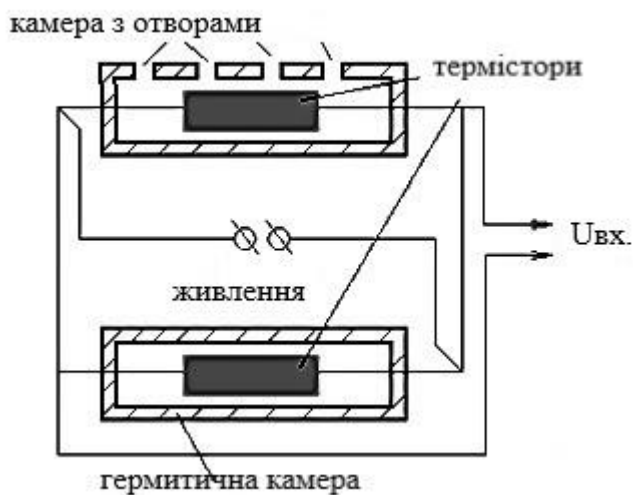


Рисунок 2.7 – Термісторний датчик вологості

При підвищенні вологості з поверхні термістора випаровується вода, і температура термістора знижується. Чим більше показник вологості, тим ці процеси протікають більш стрімко, термістор швидше стає холодним [8].

2.2.4 Оптичні датчики вологості

В основі дії датчика лежить точка роси. Коли досягається цей стан точки роси, то рідина і газ перебувають в стані термодинамічної рівноваги.

Коли скло розмістити в середовище з температурою, що знаходиться вище точки роси, далі будемо зменшувати температуру скла і на склі почне утворюватися конденсат. Температура переходу води в рідкий стан і називається точкою роси. Температура залежить від вологості і тиску середовища. Отже, якщо ми можемо визначити тиск і температуру, то легко порахуємо і вологість. Цей метод і є основним.

Просте коло датчика містить світлодіод, що випромінює світло на поверхню дзеркала, яке змінює та відображає його напрямок. У нашому випадку є можливість змінювати температуру дзеркала шляхом підігріву або охолодження наприклад використовуючи термоелектричний насос. Для регулювання температури особливої точності використовують різні прилади. На поверхню дзеркала монтують датчик температури.

Перед тим, як почати вимірювати, температуру дзеркала встановлюють так, щоб її значення було більше значення точки роси. Потім починають охолоджувати дзеркало і на ньому почнуть утворюватися водяні краплі. Після утворення водяної пари промінь світла, від світлодіода, буде розсіюватися і переломлюватися, що в свою чергу призведе до зменшення струму в фотоприймачі.

Володіючи інформацією від фотоприймача, регулятор буде підтримувати на дзеркалі сталу температуру, а датчик визначить температуру. Знаючи температуру і тиск, визначають вологість.

Оптичний датчик має найкращу точність, якщо порівнювати його з іншими датчиками. З недоліків можна назвати чималі витрати енергії та підвищену вартість, а також затрати на підтримку чистоти поверхні дзеркала[8].

2.2.5 Електронний гігрометр

Принцип дії датчика полягає в зміні електроліту, яким покритий ізоляційний матеріал. Також присутні пристрої автопідігріву, що підтримують температуру точки роси.

Над розчином хлориду літію проводиться вимірювання температури точки роси. Цей розчин є дуже чутливим до найменших змін вологості. Для максимальної зручності до гігрометрів додають термометр. Такий гігрометр має невелику похибку, підвищену точність, та може виміряти значення вологості при будь-якому значенні температури середовища. Прикладом датчика вологості є датчик вологості ґрунту, що зображений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Датчик вологості для ґрунту

Дуже популярними є звичайні електронні гігрометри з двома електродами. У ґрунт поміщають два електроди та визначають вологість за ступенем провідності датчика [8].

2.2.6 Параметри вибору датчика вологості

1. клас точності приладу
2. чутливість датчика вологості в широкому діапазоні;
3. повторюваність результатів, їх відтворюваність;
4. габарити приладу - його вага і розміри;
5. відновлення від конденсату;
6. швидкість реакції на різку зміну параметрів середовища ;
7. взаємозамінність;
8. стійкість до забруднень, можливість застосовувати навіть в складних умовах;
9. міцність матеріалу корпусу;
10. надійність, довговічність пристрою;
11. простота в експлуатації;
12. ціна датчика вологості [3].

2.3 Фотоелементи та їх види

Фотоелементи – це напівпровідникові прилади, що перетворюють світлову енергію в електричну. В основі роботи цих приладів лежить фотоэффект. В основі цього явища лежить р-п перехід.

Класифікувати фотоелементи можна за різними видами фотоэффектів. Існує три основні види фотоэффектів.

Перший вид це – зовнішній фотоэффект, або як ще його називають – фотоелектронна емісія. Електрони при виникненні зовнішнього фотоэффекту вилітають за границі речовини і їх починають називати фотоелектронами.

Утворений при вилітанні фотоелектронів електричний струм, при упорядкованому русі по зовнішньому електричному полю, називається фотострумом.

Другим видом є внутрішній фотоэффект. Він впливає на фотопровідність матеріалу. Цей ефект відбувається при перерозподілі електронів в діелектриках і напівпровідниках в залежності від їх енергетичного і агрегатного стану. Явище перерозподілу виникає під дією світлового потоку. І внаслідок цього явища підвищується електропровідність речовини – виникає фотопровідність.

Третій тип – це вентильний фотоэффект. Цей ефект це перехід фотоелектронів з власних тіл в інші електроліти (рідкі) або тіла (тверді напівпровідники) .

Шляхом комбінації фотоелементів та реле можна утворити різні автоматизовані прилади з електронним зором. Зовнішній фотоэффект є важливим фізичним відкриттям, основною складовою в багатьох технологічних процесах у промисловості та основою успішного розвитку автоматики на виробництві [9].

2.3.1 Фоторезистор

Візьмемо дротовий резистор з напівпровідника. Включимо його в електричне коло. Під дією світла відбуваються дуже сильні зміни електричного опору, і струм зростає. Зміна провідності не залежить від напрямку струму в фоторезисторі (фоторезистор показано на рисунку 2.9).

Два напівпровідника р-типу та n-типу з'єднаємо між собою. На границі поділу відбудеться перерозподіл зарядів. Електрони входять в n-область, а дірки в р-область, поки на границі не виникне електричне поле, яке перешкоджає подальшому перерозподілу. Так виникає так званий р-n перехід, тобто подвійний шар заряду.

При впливі світла завдяки фотоэффекту з'являються дірки та електрони і виникає різниця потенціалів.

Якщо коло замкнути, з'явиться електричний струм. Для прямого перетворення світлової енергії в електричну можна використовувати цей ефект. За цим принципом працюють сонячні батареї, люксметри та інші прилади [9].

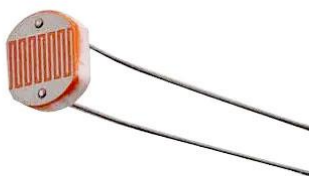


Рисунок 2.9 – Фоторезистор

2.3.2 Фотодіод

Звичайний фотодіод(зображений на рисунку 2.10) – це простий напівпровідниковий діод з р-п переходом, на який може впливати світловий потік. Напівпровідник змінює свої властивості під дією світла, і це дозволяє виконувати різні функції в колі електричного струму. За відсутності освітлення діод має звичайні властивості [9].

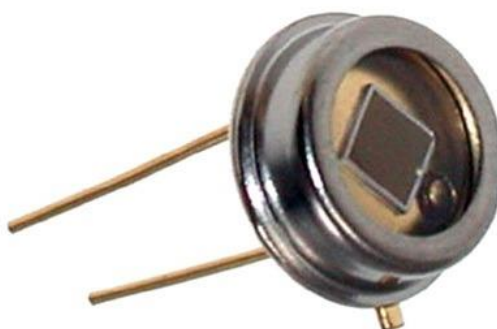


Рисунок 2.10 – Фотодіод

2.3.3 Фототранзистор

Фототранзистор – оптоелектронний напівпровідниковий прилад, варіант біполярного транзистора. Відрізняється від звичайного біполярного транзистора тим, що напівпровідниковий базовий шар приладу доступний для впливу зовнішнього світлового опромінення, за рахунок цього струм через прилад залежить від інтенсивності цього опромінення. Детальніше познайомитись з виглядом фототранзистора можна на рисунку 2.11.

Відрізняється від фотодіода тим, що характеризується внутрішнім посиленням фотоструму і тому більшою чутливістю до світлового потоку [10].

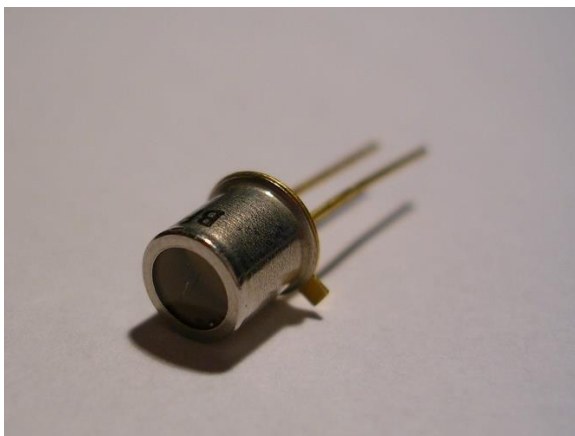


Рисунок 2.11 – Фототранзистор

Перед тим як вибирати датчики освітлення, необхідно розібратися з їх принципом роботи та будовою. Найчастіше вони виготовляються на основі фотодіода, фоторезистора або фототранзистора, про принцип роботи яких написано вище. В обох випадках принципова схема роботи одна і та ж . Тому спочатку треба зрозуміти, де буде використовуватись датчик, де буде розташований і його головні робочі параметри.

2.4 Мікроконтролери. Будова і особливості. Застосування

Для створення автоматизованої системи контролю мікроклімату необхідні не тільки датчики для фіксації різних параметрів, а й прилади для контролю та виконання заданих алгоритмів роботи. Мікроконтролери є одними із таких приладів.

Мікроконтролери зазвичай виконуються у вигляді окремої мікросхеми, як виглядає мікроконтролер можна подивитись на рисунку 2.12. На єдиному кристалі реалізовано мікрокомп'ютер. Це означає, що на одному кристалі мікросхеми змонтовано пам'ять, процесор і периферійні пристрої, які взаємодіють один з одним, з зовнішніми пристроями, і працюють під керівництвом особливої програми, що зберігається у накопичувачі, розташованому всередині корпусу.



Рисунок 2.12 – Мікроконтролер

Мікроконтролери використовуються для управління різними електронними приладами та пристроями. За допомогою мікроконтролера можна здійснювати управління різною електронікою. Алгоритм керуючих команд людина закладає самостійно, і може змінювати його не залежно від часу створення, в залежності від необхідності та відповідності до ситуації.

Сьогодні створюється багато різних видів і серій мікроконтролерів для якнайрізніших сфер використання, призначення, хоча у загальних рисах принцип їх роботи подібний.

Усередині корпусу мікроконтролера знаходяться основні елементи всієї його структури. Найпоширенішими є три класи пристроїв : 8, 16 і 32-розрядні. З них 8-розрядні моделі достатні лише для вирішення нескладних завдань з управління об'єктами. 16-розрядні мікроконтролери (модернізовані 8-розрядні) вже мають більшу систему команд. А вже 32-розрядні пристрої вже мають в собі вискоєфективний процесор загального призначення. Вони використовуються для вирішення складних команд та контролю великими об'єктами.

В загальному мікроконтролери можна назвати електронними конструкторами. На їх основі можна створити будь-який пристрій, що управляє. За допомогою програм можна підключати або відключати складові елементи, що знаходяться всередині, задавати свій порядок дій цих елементів.

Сфера застосування мікроконтролерів постійно зростає. Мікроконтролери знайшли своє місце в різних механізмах і пристроях. Прикладами застосування мікроконтролерів є: дитячі електронні іграшки, побутова техніка, авіаційна промисловість, робототехніка, промислове обладнання, залізничний транспорт, автомобілі, світлофори, комп'ютерна техніка, медичне обладнання.

Прикладом може бути використання мікроконтролерів в системах розумний дім, де за вмикання світла коли воно необхідне, автоматичне вмикання електроприладів відповідають контролери і навіть робот пилосос має в своїй структурі мікроконтролер [11].

2.4.1 Параметри вибору мікроконтролера

При розробці цифрової системи важливо вибрати підходящу модель мікроконтролера. Серед загальних міркувань є вартість системи, та відповідність апаратних ресурсів вимогам розроблюваної системи.

Основні фактори підбору мікроконтролерів.

- Можливість реалізації необхідної системи на однокристальному мікроконтролері, або на спеціалізованій мікросхемі.
- В мікроконтролері повинна бути необхідна кількість портів, контактів, так як якщо їх буде не достатньо то буде неможливо виконати завдання, а якщо кількість портів буде більша, то вартість мікроконтролера буде завищена.
- Необхідна кількість пристроїв периферії: різних перетворювачів, інтерфейсів зв'язку.
- Чи зможе ядро контролера забезпечити необхідну продуктивність: потужність обчислень, що дає можливість обробки запитів системи на певною прикладною мовою програмування.
- Чи є в достатній кількості фінанси в бюджеті проекту, щоб використовувати дорогий мікроконтролер. Якщо не підходить за ціною, то наступні питання можна не розбирати, і розробник повинен продовжити шукати мікроконтролер, який буде відповідати умовам.
- Доступність також є важливим фактором і в нього входять такі пункти: необхідна кількість, чи відбувається ще випуск, наявність підтримки розробника, наявність засобів налагодження, мов програмування та компіляторів.
- Інформаційна допомога та підтримка, яка включає в себе: зв'язок з фахівцями, приклади програм та безкоштовні асемблери, приклади застосування, повідомлення про помилки в алгоритмі.
- Надійність виробника в яку входять такі фактори :період роботи по даній галузі, якість та надійність виробів, професійність підтверджена різними розробками[11].

Тому при виборі мікроконтролера потрібно визначитися з необхідним функціоналом та можливістю виконання всіх необхідних функцій . Тому потрібно дуже уважно вибирати мікропроцесор та ознайомитися з всіма наявними варіантами та серіями.

2.5 Висновки до другого розділу

В цьому розділі ми ознайомились з будовою датчиків та їх принципом роботи. При виборі датчиків необхідно звернути увагу на багато важливих факторів таких як доступна ціна, потрібний діапазон вимірювань і багато інших. В розділі є підпункти які допоможуть обрати датчик який буде підходити для необхідної системи.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ З АВТОНОМНИМИ ДАТЧИКАМИ

Ознайомившись з різними системами автоматизації, моніторингу, різновидом готових продуктів та різноманітністю програм для створення та програмування систем моніторингу, я обрала продукти компанії TI для створення своєї системи моніторингу мікроклімату з автономними датчиками.

Компанія TI проектує, виготовляє, випробовує та продає аналогові та цифрові напівпровідники та прилади на ринки, що включають промислову, автомобільну, персональну електроніку, комунікаційне обладнання та підприємства. Я обрала серію CC13X2 для свого дипломного проекту і далі ми розглянемо різні складові та характеристики цього контролера.

Родина бездротових мікросхем CC13X2.

- Містить 32-розрядний процесор ARM® Cortex®-M4F.
- Він працює на 48 МГц, як основний процесор прикладної програми.
- 352 кБ вбудованої флеш-пам'яті.
- Має 80 кБ SRAM з низьким енергоспоживанням.
- Має повний набір периферійних пристроїв, таких як I2C, SPI та UART.
- Передові прискорювачі криптографії (ECC, AES256, SHA256 тощо).
- Має окремий апаратний контролер датчиків (SCE).

SCE – це додаткове програмоване ядро процесора, яке ідеально підходить для автономного зчитування датчиків та обробки даних. Він працює незалежно від основного Cortex-M4F, а також обробляє інформацію з датчиків, використовуючи лише кілька мікроампер середнього струму. Спеціалізований радіоконтролер (ARM Cortex-M0) обробляє низькорівневі команди радіочастотних протоколів та фізичного рівня (PHY), які зберігаються в ПЗУ або ОЗУ. Таким чином забезпечується наднизька потужність і велика гнучкість[12].

3.1 Launchpad sensortag

Набори LaunchPad SensorTag – це повністю закрита бездротова платформа для прототипування, що працює на акумуляторі, яка має готове до роботи периферійне обладнання.

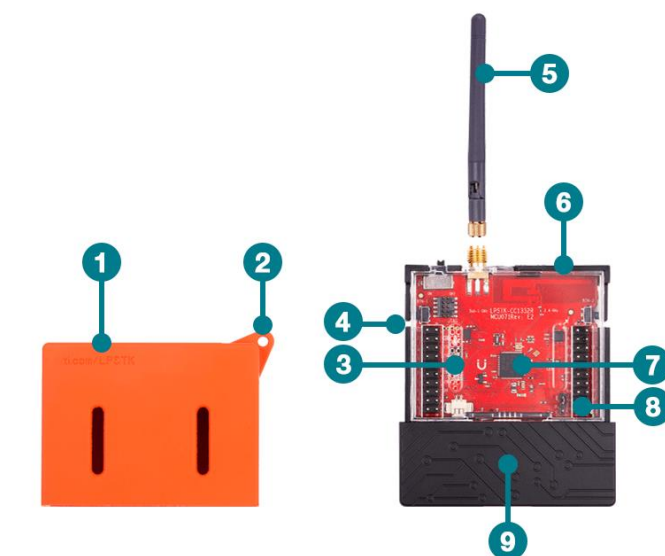


Рисунок 3.1 - LaunchPad SensorTag (пояснення в тексті)

1. Знімний силіконовий чехол.
2. Петля для прикріплення шнура.
3. Бортові датчики, включаючи датчик температури, вологості, освітлення, руху.
4. Вимикач живлення, дві кнопки користувача та світлодіод RGB.
5. Антенна SMA суб-1 ГГц, що підтримує TI 15.4-стек або власні стеки.
6. Друкована антена на діапазон 2,4 ГГц, що підтримує Bluetooth, Zigbee, Thread та ін.
7. Багатодіапазонний бездротовий модуль CC1352R SimpleLink.
8. Розширюваність вводу / виводу та BoosterPack.

9. Дві секції для батарейок типу AAA.

LAUNCHXL-CC1352R1 LaunchPad(зображений на рисунку 3.1) – це дводіапазонний радіотехнічний комплект з низькою потужністю, що використовує мікроконтролер серії CC1352R, що дозволяє підтримувати Sub-1 ГГц + 2,4 ГГц в одній мікросхемі. CCN352R LaunchPad дозволяє розробляти бездротові додатки для бездротового MCU SimpleLink CC1352R, що підтримують фірмову мережу Sub-1 ГГц, TI 15.4-стек для мереж на базі IEEE 802.15.4e/g (868 МГц, 915 МГц і 2.4 ГГц) та Bluetooth низької енергії (BLE), що підтримує Bluetooth 5 LE. При підтримці мультипротоколу CC1352R може одночасно запускати протоколи Sub-1 ГГц і 2,4 ГГц, включаючи TI 15.4-стек, власний Sub-1 ГГц та BLE5. Ознайомитись з розташуванням пінів на платі можна на рисунку 3.2.

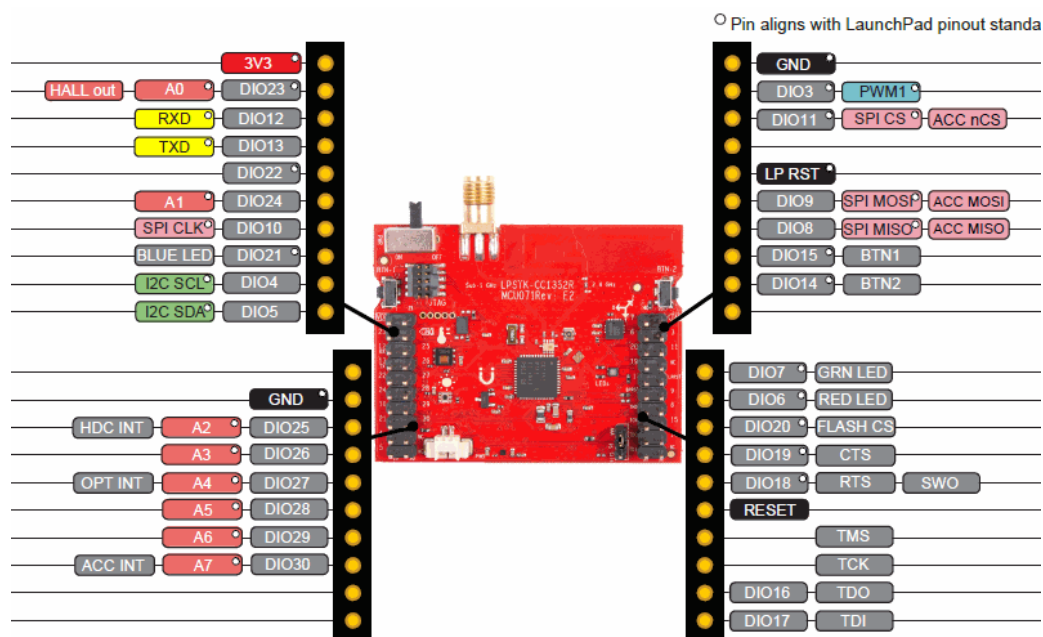


Рисунок 3.2 – Співставлення пінів в LaunchPad

LPSTK-CC1352R попередньо запрограмований на прикладі периферійного проекту Bluetooth 5 (BLE5), який називається Multi-Sensor. Він забезпечує бездротовий зв'язок зі смартфонами та планшетами через BLE-з'єднання. Multi-Sensor, наприклад, з'єднується з додатком для смартфонів SimpleLink Starter та демонструє те, як інтерактивно виконувати різні дії, такі як зчитування даних сенсора, перемикання світлодіодних індикаторів, зчитування стану кнопки та

оновлення мікропрограмного забезпечення за допомогою можливостей Over-The-Air Download (OAD).

Програма SimpleLink SensorTag для смартфонів та планшетних комп'ютерів доступна у Play Market. При вмиканні мікроконтролера SensorTag почне блимати синій світлодіодом, це означатиме, що система знаходиться у режимі Advertizing і доступна для з'єднання з керуючим пристроєм.

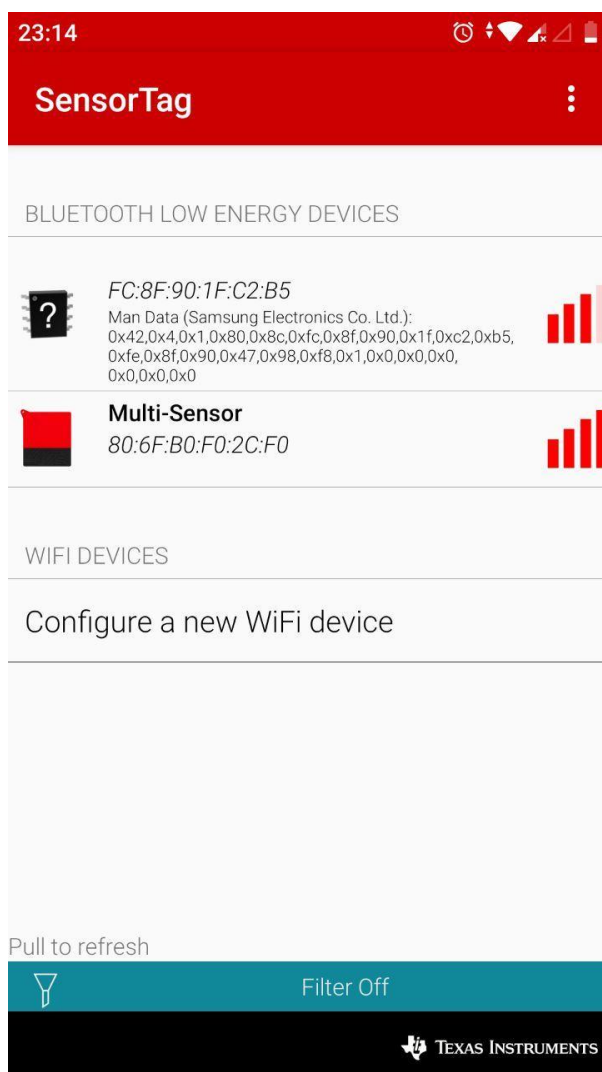


Рисунок 3.3 – Підключення LaunchPad в програмі для телефону SensorTag

LaunchPad SensorTag буде ідентифікуватися як "Мультисенсор" (Multi-Sensor), як це виглядає можна побачити на рисунку 3.3. Щоб підключитися до пристрою, слід натиснути його ім'я та вибрати «Sensor View» (Перегляд датчиків),

щоб перейти до GUI. Після підключення буде світитись світлодіод зеленого кольору.

Тепер можна побачити значення датчиків (на рисунку 3.4 можна познайомитись з деякими значеннями) та стан кнопок, що відображаються у додатку, та перемкнути світлодіоди на LaunchPad, натиснувши на них.

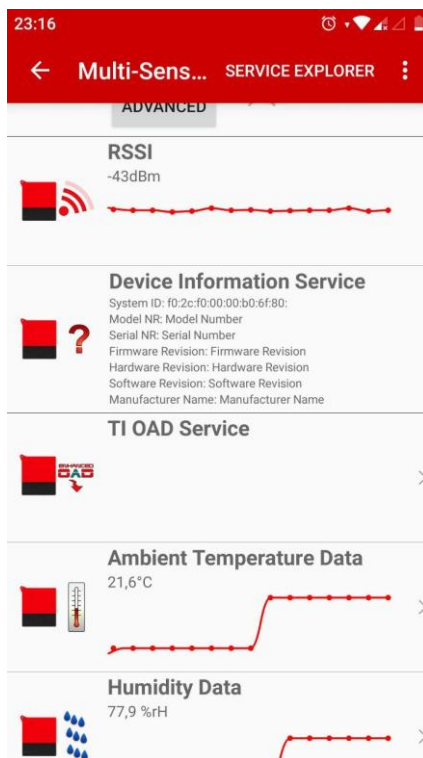


Рисунок 3.4 – Зміна значень датчиків онлайн в програмі для телефону SensorTag

Змінення стека за допомогою Over-the-Air Download (OAD)

За допомогою програмного забезпечення, попередньо запрограмованого на LPSTK-CC1352R, вміст програми можна замінити завантаженням «через ефір». Для роботи із LaunchPad SensorTag попередньо створено три бінарні файли:

- Мультисенсор BLE
- TI 15.4 Датчик
- Вимикач світла Zigbee

3.1.1 Експлуатація акумулятора LPSTK

За замовчуванням LPSTK-CC1352R працює з використанням батарей 2хААА, вставлених у нижній відсік. Альтернативно, LPSTK-CC1352 може житись від батарейки CR2032 (3В). Щоб використовувати LPSTK-CC1352R з батареєю CR2032, слід припаяти тримач акумуляторної батареї (номер деталі: BAT-HLD-001) на зворотній стороні друкованої плати [12].

3.1.2 Налагодження LaunchPad SensorTag

LaunchPad SensorTag призначений для використання разом із комплектом розробки LaunchPad для налагодження. У комплект для LaunchPad SensorTag включено 10-контактний кабель JTAG ARM та 2 дроти на UART. Підключення їх до XDS110 LaunchPad (наприклад, LAUNCHXL-CC1352R) дозволяє здійснювати повне налагодження, програмування та зв'язок UART. Більше детально розглянемо наявні датчики в LAUNCHXL-CC1352R та познайомимося з їх роботою та параметрами [12].

3.2 Датчик вологості та температури HDC2080

Пристрій HDC2080 – це інтегрований датчик вологості та температури, який забезпечує вимірювання високої точності з дуже низьким споживанням енергії в невеликому DFN-корпусі. Датчик на основі ємності містить нові інтегровані цифрові функції та нагрівальний елемент для розсіювання конденсату і вологи.

Цифрові функції HDC2080 включають програмовані пороги переривання для подання сповіщень та пробудження системи, не вимагаючи від мікроконтролера постійного моніторингу системи. У поєднанні з програмованими інтервалами вибірки, низьким споживанням електроенергії та підтриманням напруги живлення 1.8V, HDC2080 призначений для акумуляторних систем. З його виглядом можна ознайомитись на рисунку 3.5.

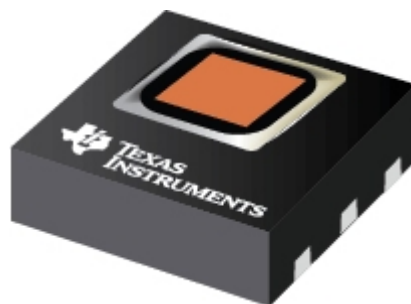


Рисунок 3.5 – Датчик вологості та температури HDC2080

HDC2080 забезпечує високу точність вимірювання для широкого спектру застосувань, наприклад для моніторингу навколишнього середовища та додатків Internet of Things (IoT), таких як розумні термостати та розумні помічники будинку. Для конструкцій, де площа друкованих плат (PCB) має вирішальне значення, доступний менший варіант корпусу CSP серії HDC2010 з повною сумісністю програмного забезпечення з HDC2080.

Для застосувань із суворими обмеженнями енергоспоживання, режим автоматичного вимірювання дозволяє HDC2080 автоматично ініціювати вимірювання температури та вологості. Ця функція дозволяє користувачам налаштувати мікроконтролер в режим глибокого сну, тому що HDC2080 більше не залежить від мікроконтролера для ініціювання вимірювання.

Запрограмовані пороги температури та вологості в HDC2080 дозволяють пристрою надсилати апаратне переривання для пробудження мікроконтролера при необхідності. Крім того, значно зменшується енергоспоживання HDC2080, що допомагає мінімізувати самонагрівання та підвищити точність вимірювання.

HDC2080 відкалібрований на заводі до температурної точності до $0,2^{\circ}\text{C}$ та 2% відносної вологості [12]. Весь перелік особливостей датчика наведений в таблиці 3.1 та основні параметри наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Особливості датчика HDC2080

| | |
|--|---|
| Діапазон відносної вологості: | від 0% до 100% |
| Точність вологості: | $\pm 2\%$ (типово), $\pm 3\%$ (максимум) |
| Точність температури: | $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (типово), $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ (максимум) |
| Струм режиму сну: | 50 нА (типовий), 100 нА (максимум) |
| Середній струм живлення (1 вимірювання / секунду) | 300 нА: RH% лише (11 біт) 550 нА: RH% (11 біт) + температура (11 біт) |
| Температурний діапазон: | |
| Робота: | від -40°C до 85°C |
| Функціональний: | від -40°C до 125°C |
| Діапазон напруги живлення: | від 1,62 В до 3,6 В |
| Доступний режим | автоматичного вимірювання |
| Сумісність інтерфейсу | I ² C |

Таблиця 3.2 – Параметри датчика HDC2080

| | |
|--|----------------|
| Відносна точність вологості (Тип) | (% RH) ± 2 |
| Точність температури (тип) ($^{\circ}\text{C}$) | $\pm 0,2$ |
| Робочий діапазон відносної вологості (Тип) (% RH) | 0 - 100 |
| Інтерфейс | цифровий |

Продовження до таблиці 3.2.

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Напруга живлення (Min) | 1,62 |
| Напруга живлення (Max) | 3.6 |
| Середній струм живлення (тип) (мкА) | 0,55 @ 1 зразок / с |
| Діапазон робочих температур (C) | -40 до 85 |

3.3 Цифровий датчик освітлення OPT3001

OPT3001 – це датчик, який вимірює інтенсивність видимого світла. Спектральна відповідь датчика добре відповідає реакції ока людини і включає інфрачервоний фільтр.

OPT3001 – це одночиповий люкс-вимірювач, який вимірює інтенсивність світла, так само як видно людським оком. Точність спектральної реакції дозволяє OPT3001 точно вимірювати інтенсивність світла, яку бачить людське око незалежно від джерела світла. Надійний фільтр IR також допомагає підтримувати високу точність, коли промисловий дизайн вимагає встановлення датчика під темним склом для естетики. OPT3001 призначений для систем, які створюються на основі світлового відчуття людини, і є ідеальною перевагою заміни для фотодіодів, фоторезисторів або інших датчиків навколишнього світла з меншим узгодженням людського ока та відхиленням від IR.

Вимірювання можна проводити від 0,01 лк до 83 клк без вибору вручну діапазонів, використовуючи вбудовану функцію повномасштабного налаштування. Ця можливість дозволяє вимірювати світло в 23-бітовому ефективному динамічному діапазоні. Основні параметри датчика наведені в таблиці 3.3 та особливості датчика наведені в таблиці 3.4.

Цифровий інтерфейс є гнучким для інтеграції в систему. Вимірювання можуть бути безперервними або однократними. Система контролю та управління

переривання має автономну роботу, дозволяючи процесору спати, поки датчик шукає відповідні події для пробудження, щоб повідомити через пін переривання. Про цифровий вихід повідомляється через двопровідний послідовний інтерфейс, сумісний з I²C та SMBus.

Низьке споживання енергії та можливість роботи з низькою напругою живлення в OPT3001 покращують час роботи акумуляторів систем, які на них працюють [12].

Таблиця 3.3 – Параметри датчика OPT3001

| Інтерфейс | I ² C |
|---------------------------------|------------------|
| Діапазон живлення (Nom) | від 1,6 до 3,6 В |
| Струм спокою (Макс) (мкА) | 2 |
| Прибл. ціна (США) | 0,87 1ku |
| Рейтинг | Каталог |
| Діапазон робочих температур (С) | -40 до 85 |
| Тип вводу | Світло |

Таблиця 3.4 – Особливості датчика OPT3001

| | |
|--|---|
| Точна оптична фільтрація відповідно до людського ока | Відхилення > 99% (тип) IR |
| Виміри | 0,01 люкс до 83 к люкс |
| 12 Налаштування повномасштабних двійкових ваг | <0,2% (тип) відповідність між діапазонами |
| Низький робочий струм | 1,8 мкА (тип) |
| Діапазон робочих температур | від -40 ° С до + 85 ° С |
| Широкий діапазон живлення | від 1,6 В до 3,6 В |

Продовження таблиці 3.4.

| | |
|--------------------|---------------------------|
| Стійкий ввід/вивід | 5,5В |
| Фактор малої форми | 2,0 мм × 2,0 мм × 0,65 мм |

Функція автоматичного повномасштабного налаштування спрощує програмне забезпечення та забезпечує належну конфігурацію.

3.4 Датчик Холла DRV5032

Пристрій DRV5032 – це датчик Холла з цифровим вимикачем із ультранизькою потужністю, призначений для найбільш компактних та чутливих до напруги живлення систем. Пристрій пропонується в декількох магнітних порогах, частоти дискретизації, вихідних драйверів та пакетах для різних програм.

Коли застосовувана щільність магнітного потоку перевищує поріг B_{OP} , пристрій видає низьку напругу. Вихід залишається низьким, поки щільність потоку не зменшиться до менше, ніж B_{RP} , а потім вихід або призводить до високої напруги, або стає високим опором, залежно від версії пристрою. Включивши внутрішній генератор, пристрій відбирає магнітне поле та оновлює вихід зі швидкістю 20 Гц або 5 Гц для найменшого споживання струму. Омніполярні та однополярні магнітні відповіді доступні. Ознайомитись з параметрами датчика можна ознайомитись у таблиці 3.5 та з особливостями у таблиці 3.6.

Пристрій працює в діапазоні V_{CC} від 1,65 В до 5,5 В, а також упакований у стандартний SOT-23, TO-92 та малий X2SON[12].

Таблиця 3.5 – Параметри DRV5032

| | |
|--|---|
| Тип | Омніполярний перемикач, однополярний перемикач |
| Напруга живлення (V_{CC}) (Min) (V) | 1.65 |
| Напруга живлення (V_{CC}) (Max) (V) | 5.5 |
| Точка роботи (Max) (мТл) | 3.9, 4.8, 9.5, 63 |
| Точка роботи (Min) (мТл) | 0.9, 0.5, 3, 30 |
| Вивід | Двотактний драйвер виводу, відкритий злив |
| Діапазон робочих температур (C) | -40 до 85 |

Таблиця 3.6 – Особливості DRV5032

| | |
|--|---|
| Провідна галузь ультра низького енергоспоживання | версія 5 Гц: 0.54 мкА з 1.8 В; версія 20 Гц: 1.6 мкА з 3 В |
| Діапазон V_{CC} | від 1.65 до 5.5 В |
| Параметри магнітного порогу (максимум B_{OP}) | |
| Найвища чутливість | 3.9 мТл |
| Висока чутливість | 4.8 мТл |
| Середня чутливість | 9.5 мТл |
| Найменша чутливість | 63 мТл |
| Опції | Омніполярні та однополярні |
| Варіанти частоти дискретизації | 20 Гц та 5 Гц |

Продовження таблиці 3.6.

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| Параметри виводу | Відкритий злив та натискання |
| Варіанти пакетів | SOT-23, X2SON і TO-92 |
| Діапазон робочих температур (С) | -40 до 85 |

3.5 LAUNCHXL-CC1312R1

Комплект для розробки бездротового мікроконтролера CC1312R бездротового мікроконтролера SimpleLink™ Sub-1 ГГц (MCU) з Sub-1GHz Radio, який пропонує підключення дальнього діапазону в поєднанні з 32-розрядним процесором ARM® Cortex®-M4F на одному чіпі. Launchpad призначений для роботи як в діапазоні ISM 868 МГц для Європи, так і в діапазоні ISM 915 МГц для США з однією платою без будь-яких змін. Launchpad оснащений широкопasmовою інтегрованою PCB-антоною, яка охоплює смуги частот 868 МГц і 915 МГц. Макет також оснащений роз'ємом SMA для тестування, а також для полегшення підключення зовнішньої антени[13].

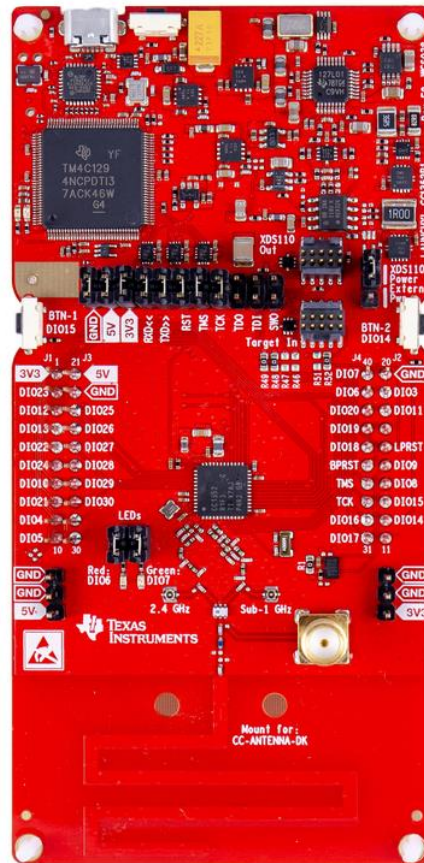


Рисунок 3.6 – Передняя часть LAUNCHXL-CC1312R1



Рисунок 3.7 – задня частина LAUNCHXL-CC1312R1

CC1312R є членом сімейства CC26x2 і CC13x2, економічно вигідних, ультра низької потужності, 2,4 ГГц і суб-1 ГГц РЧ-пристроїв. Дуже низьке споживання струму радіочастотною частиною та мікроконтролером (MCU), крім гнучких режимів малої потужності, забезпечує чудовий термін експлуатації акумулятора та дозволяє працювати в далеких межах на невеликих батареях та в режимі накопичування енергії з навколишнього середовища. З виглядом CC1312R можна ознайомитись на рисунку 3.6 та рисунку 3.7.

Пристрій CC1312R поєднує гнучкий, дуже потужний радіочастотний приймач із потужним 48-МГц ARM® Cortex®-M4F мікроконтролером на платформі, що підтримує декілька фізичних рівнів та стандартів РЧ. Спеціалізований радіоконтролер (ARM® Cortex®-M0) обробляє команди низькорівневого радіочастотного протоколу, які зберігаються в ПЗУ або ОЗУ, забезпечуючи тим самим наднизьку потужність і велику гнучкість. Низьке енергоспоживання пристрою CC1312R виникає за рахунок продуктивності РФ; пристрій CC1312R відрізняється чудовою чутливістю та надійністю (селективністю та блокуванням). Багатий набір периферійних функцій, який включає унікальний контролер датчиків наднизької потужності. Цей контролер датчиків ідеально підходить для взаємодії зовнішніх датчиків та для автономного збору аналогових та цифрових даних, коли решта системи знаходиться у сплячому режимі. Більш детально з елементами на платі можна ознайомитись розглянувши рисунок 3.8.

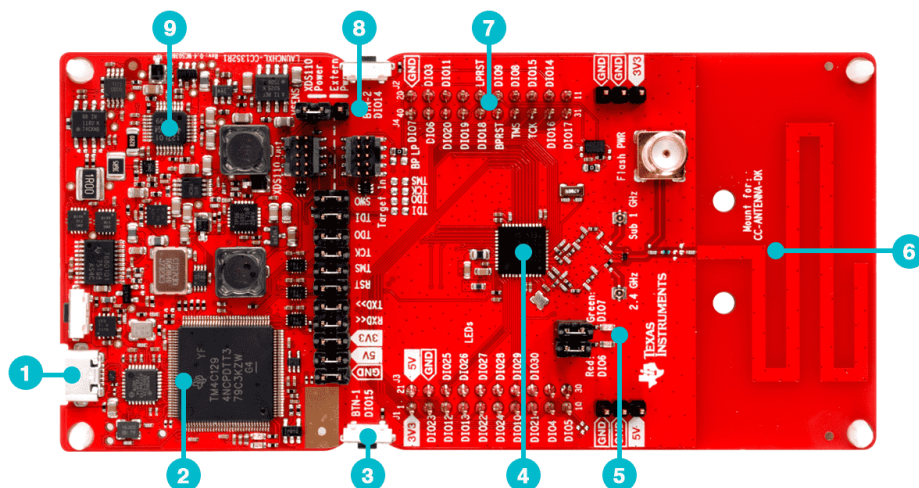


Рисунок 3.8 – Основні елементи на передній частині LAUNCHXL-CC1312R1(пояснення в тексті)

1. Роз'єм USB.
2. Бортовий налагоджувач.
3. Перемикачі користувачів.
4. Рекомендований мікроконтролер Texas Instruments.
5. Індикатори користувача.
6. Бортове підключення.
7. Роз'єми розширення BoosterPack. Кожен комплект підтримується плагінними модулями для легкого розширення системи.
8. Роз'єм програмування ARM .
9. EnergyTrace (якщо застосовується) Багато TI LaunchPads дозволяють розробникам легко вимірювати споживання енергії систем.

CC1312R LaunchPad є частиною платформи TI SimpleLink MCU, яка пропонує єдине середовище розробки, що забезпечує гнучкі апаратні, програмні та інструментальні варіанти для клієнтів, що розробляють дротові та бездротові програми. Це дозволяє економити час та виробничі витрати за допомогою швидкого прототипування системи за допомогою роз'ємів вводу / виводу набору LaunchPad, та дає можливість швидко взаємодіяти з різними модулями оцінювання

(EVM) та модулями BoosterPack™. Можна створити свій програмний додаток Internet of Things (IoT) на комплекті LaunchPad CC1312R, використовуючи комплект для розробки програмного забезпечення SimpleLink CC13x2 (SDK), який містить: стек TI 15.4, RF-драйвер, драйвер управління живленням та декілька периферійних драйверів. SDK також включає в себе кілька прикладів програмного забезпечення для початку роботи. Усі приклади програмного забезпечення, що входять до SDK SimpleLink CC13x2, підтримують комплект CC1312R LaunchPad, що спрощує написання необхідної програми та її реалізацію.

Вбудована схема EnergyTrace на наборі LaunchPad SimpleLink CC1312R дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реального часу внутрішніх станів пристрою під час виконання програмного коду користувача. Технологія EnergyTrace доступна в рамках програми Code Composer Studio IDE TI[13].

Особливості

- LaunchPad з радіо Sub-1GHz для бездротових додатків із вбудованою PCB-антенною.
- Підтримує IEEE 802.15.4g, інтелектуальні об'єкти з підтримкою IPv6 (6LoWPAN), бездротовий M-Bus, технологію MIOTY® та фірмові системи, включаючи TI 15.4-стек (Sub-1 GHz).
- Широкосмугова антена підтримує ISM діапазон 868 МГц для Європи та 915 МГц діапазон ISM для США з однією платою.
- Бортовий емулятор дозволяє виконувати розробку коду в CCS Cloud.
- Бортова схема EnergyTrace дозволяє здійснювати моніторинг енергоспоживання у режимі реального часу внутрішніх станів пристрою під час виконання програмного коду користувача.
- Можна використовувати як з набором LaunchPad, так і з програмами SmartRF™ Studio.
- Доступ до всіх сигналів вводу-виводу за допомогою роз'ємів модуля BoosterPack
- Сумісний з LCD BoosterPack[13]

3.6 Сервопривід

Сервопривід (зображений на рисунку 3.9) – це двигун постійного струму, який замість того, щоб постійно крутитися, призначений повернутись під певним кутом у відповідь на керуючий сигнал і залишатися нерухомим у такому положенні.



Рисунок 3.9 – Сервопривід [14]

Характеристики сервопривода:

- Система управління: + широтно-імпульсного управління
- Керуючий імпульс: 3-5 вольт від піку до піку, прямокутний імпульс
- Робоча напруга: 3-7.2 вольт
- Діапазон робочих температур: від -30 до $+60$ градусів С
- Швидкість повороту: 0.12сек / 60° (4.8В)
- Зусилля: 1.5 кг/см (4.8В)
- Тип підшипника: Пластиковий
- Довжина проводу: 150 мм
- Розміри: 10 x 11 x 28 мм
- Вага: 9 гр [15]

В моїй системі сервопривід буде виконуючим пристроєм. Тобто він буде вмикати або вимикати світло, коли це буде необхідним, вмикати полив та вмикати системи підігріву. Система оримуючи дані від датчиків та аналізуючи їх зміну буде приводити в рух сервоприводи і тим самим вмикати прилади та пристрої для забезпечення необхідних умов.

3.7 Середовище програмування

Програмування алгоритмів відбувалося в середовищі CODE COMPOSER STUDIO, де є багато прикладів та зручний та зрозумілий інтерфейс. Знайшовши приклад програми на сайті компанії ТІ можна загрузити його в CCS та додавати зміни. Також перед початком роботи я дізналася більше про середовище та його можливості за допомогою відеоуроків курсу для початківців, який створила компанія ТІ. Відео уроки з ознайомчою інформацією можна знайти на сайті компанії ТІ або на їх каналі в You Tube, а також при запуску CCS на стартовому екрані(рисунок 3.10) буде відео яке можна переглянути.

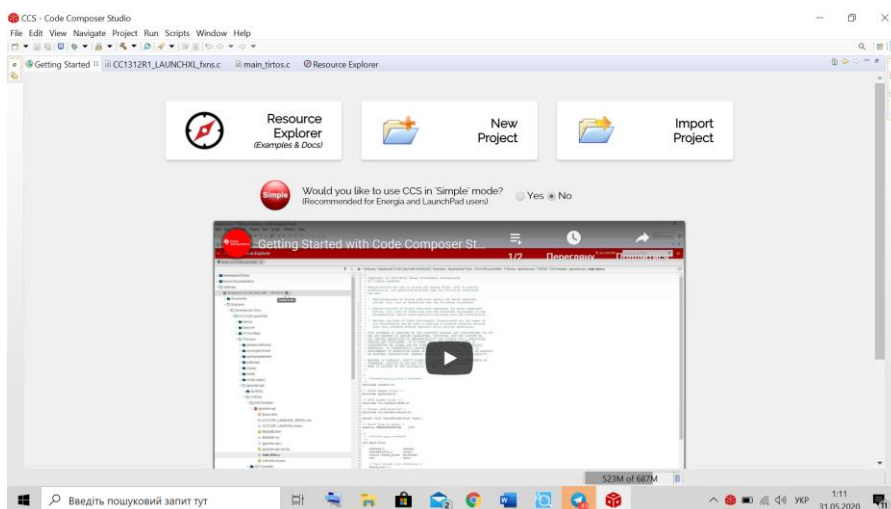


Рисунок 3.10 – Початковий екран програми CCS

В програмі ми можемо переглядати приклади та перевіряти їх роботу, створювати нові проекти, або завантажувати готові [16].

3.8 Алгоритми

Алгоритми накопичення та обробки даних призначені для створення автоматичного збору даних з різних датчиків та подальшої їх обробки в мікропроцесорах. Розглянемо деякі види алгоритмів.

Циклічне та адресне опитування датчиків

Циклічним опитуванням називається режим збору даних коли всі або деякі датчики періодично опитуються в суворій послідовності .

Адресним опитуванням датчиків називається алгоритм коли програма під час виконання деякого алгоритму або з прямого звертання до датчика за адресом робить його перевірку.

Для створення циклічного опитування датчика необхідно визначити скільки датчиків необхідно опитувати N , періодичність опитування датчика t та тривалість циклів T . На рисунку 3.11 зображена блок схема циклічного алгоритму.



Рисунок 3.11 – Блок схема циклічного алгоритму опитування датчиків

ПІД-процес

ПІД (від англ. P-proportional, I-integral, D-derivative) - регулятором називається пристрій, що застосовується в контурах управління, оснащених ланкою зворотного зв'язку. Дані регулятори використовують для формування сигналу управління в автоматичних системах, де необхідно досягти високих вимог до якості і точності перехідних процесів.

Керуючий сигнал ПІД-регулятора виходить в результаті додавання трьох складових: перша пропорційна величині сигналу неузгодженості, друга - інтегралу сигналу неузгодженості, третя - його похідної. Якщо якийсь із цих трьох компонентів не включений в процес складання, то регулятор буде вже не ПІД, а просто пропорційним, пропорційно-диференціюючим або пропорційно-інтегруючим [17].

ПІД-регулятор побудований таким чином, що в процесі роботи в кожен момент часу t на виході регулятора буде формуватися вплив $Y(t)$ в залежності від вхідного сигналу регулятора $E(t)$ (неузгодженості між вхідним параметром PV і завданням регулятора SP).

Залежність між вхідним сигналом регулятора $E(t)$ і вихідним $Y(t)$ визначає передавальна функція регулятора. Алгоритм перетворення містить три складові регулятора: пропорційна (П-складова), інтегральна (І-складова) і диференціальна (Д-складова). Ці три фактори поєднуються таким чином, що він створює керуючий сигнал. І цей керуючий сигнал вже потрапляє на керуючий пристрій[18].

ПІД-регулятори знаходяться в широкому діапазоні застосувань для управління промисловими процесами. Приблизно 95% операцій із замкнутим контуром в промислової автоматизації використовують ПІД-регулятори.

Розроблена система моніторингу мікроклімату також здійснює циклічне опитування датчиків вологості, температури та освітленості та використовується ПІД-процес. Дані від датчика потрапляють на мікроконтролер де відбувається їх аналіз і в разі необхідності подає команду до сервоприводу і починається процес стабілізації параметру який вийшов за потрібні межі[17 18].

3.9 Висновки до третього розділу

В третьому розділі ми ознайомилися з складовими системи моніторингу ,їх принципом роботи, характеристиками датчиків , що будуть використовуватися та алгоритмами системи. В результаті ми отримали систему моніторингу мікроклімату з автономними датчиками ,яка самостійно регулює зміну значення одного з параметрів мікроклімату.

ВИСНОВКИ

В цій дипломній роботі було створено систему моніторингу мікроклімату з автономними датчиками. Також розглянуто було важливі параметри мікроклімату такі як : температура, вологість та освітленість. Для отримання інформації про зміну кожного з параметрів в систему були додані датчик температури, датчик вологості та датчик освітленості. Характеристики та принцип роботи датчиків описані в 3 розділі дипломної роботи.

Основою створення системи є платформа компанії TI LAUNCHXL-CC1352R1 LaunchPad, яка запрограмована на збирання , передачу та аналіз даних від датчиків, а також вмикання систем освітлення, поливу та нагрівання, шляхом запуску сервоприводів. Також можливий ручний режим вмикання сервоприводів. Можливість самостійно вводити необхідні обмеження на параметри дозволяє за допомогою програми створювати різні мікроклімати необхідні для виконання конкретних задач.

Використовувати розроблену систему можна в теплицях встановивши необхідні параметри для вологості повітря та ґрунту та інших важливих параметрів. В медичній сфері можливе використання для підтримання сталої температури в операційних та палатах. Завдяки можливості самостійного задання критичних точок параметрів мікроклімату можливо застосовувати дану систему в різних галузях. Отже створення такої системи є корисним для суспільства та наукової діяльності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мікроклімат. – Режим доступу до ресурсу : <http://dspif.gov.ua/news/239-mkroklmat-virobnichoyi-zoni.html>
2. Температура. – Режим доступу до ресурсу :
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0>
3. Датчики вологості – Режим доступу до ресурсу : <https://simvolt.ua/datchiki-vologost/>
4. Що таке люкси й люмени, та чому вати – Режим доступу до ресурсу :
<https://maxus.com.ua/blog/chto-takoe-lyuksy-i-lyumeny-i-pochemu-vatty-ne-glavnoe-v-svetodiodnom-osveshchenii>
5. Освітленість – Режим доступу до ресурсу :
<https://pidruchniki.com/16011013/bzhd/osvitlenist>
6. Датчик. Загальні відомості. – Режим доступу до ресурсу :
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA>
7. Датчики температури. Види та принцип роботи – Режим доступу до ресурсу :
<https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/datchiki-temperature/>
8. Датчики вологості. Види та принцип роботи – Режим доступу до ресурсу :
<https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/datchiki-vlazhnosti/>
9. Фотоеlementи. Види та принцип роботи – Режим доступу до ресурсу :
<https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/fotoelementy/>
10. Фототранзистор – Режим доступу до ресурсу :
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80>

11.Мікроконтролери та їх особливості – Режим доступу до ресурсу :

<https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/mikrokontrollery/>

12.SimpleLink LPSTK-CC1352R LaunchPad.Характеристики датчиків. – Режим доступу до ресурсу :

http://dev.ti.com/tirex/explore/node?node=ALbrTxwrCNlp7358Kjw6Nw__pTTHBmu_LATEST

13.LAUNCHXL-CC1352R1 LaunchPad. – Режим доступу до ресурсу :

http://dev.ti.com/tirex/explore/node?node=AOvOLfH.xaLwF2n1V7EqiQ__pTTHBmu_LATEST

14.Сервопривід – Режим доступу до ресурсу : <https://diylab.com.ua/p64025753-servoprivid-15kgsm-012sek60.html>

15.Схема підключення сервоприводу – Режим доступу до ресурсу :

<https://www.ebotics.com/product/mini-servomotor/#how-it-works>

16.CODE COMPOSER STUDIO . – Режим доступу до ресурсу :

<https://dev.ti.com/>

17.Что такое ПИД-регулятор – Режим доступу до ресурсу :

<http://elektrik.info/main/automation/1289-что-такое-pid-regulyator.html>

18.ПІД-процес – Режим доступу до ресурсу :

<http://masters.donntu.org/2017/fkita/biryucheva/library/article1.htm>